


**Method for measuring the force of contact on a pantograph, comprises element which lengthens with the pantograph contact force and a Bragg fibre optic sensor which measures the length increase**

**Patent number:** FR2846415  
**Publication date:** 2004-04-30  
**Inventor:** BOSSELMANN THOMAS; THEUNE NILS MICHAEL  
**Applicant:** SIEMENS AG (DE)  
**Classification:**  
- international: **B60L5/22; B60L5/18;** (IPC1-7): G01L1/24; B60L5/22; G01L5/00  
- european: B60L5/22  
**Application number:** FR20030012084 20031016  
**Priority number(s):** DE20021049896 20021025

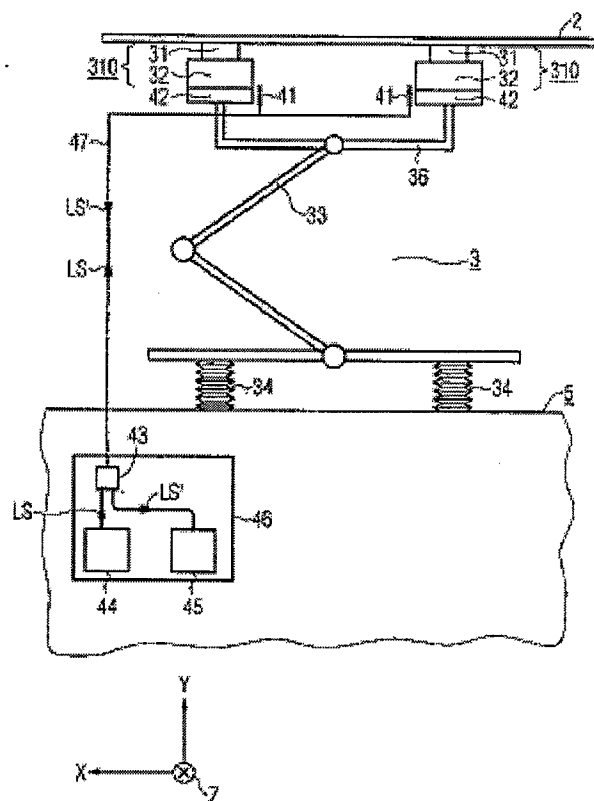
**Also published as:**

 DE10249896 (A1)

[Report a data error here](#)

**Abstract of FR2846415**

A pantograph (3) is in contact with an electricity supply cable (2) through rubbing contacts (31) mounted on a base (32). An element (42) which lengthens under the influence of the pantograph contact force is located between the pantograph support (36) and the base and the increase in length is measured by a Bragg network optical fibre sensor (41) connected to a transmission/reception unit (46) from a change in wavelength. An Independent claim is also included for : equipment for measuring the contact force on a pantograph by measuring the change in wavelength on a Bragg network optical fibre sensor attached to an element which lengthens with the contact force.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

① RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

⑪ N° de publication : 2 846 415

(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

⑫ N° d'enregistrement national : 03 12084

⑬ Int Cl<sup>7</sup> : G 01 L 1/24, G 01 L 5/00, B 60 L 5/22

⑭

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

⑮ Date de dépôt : 16.10.03.

⑯ Priorité : 25.10.02 DE 10249896.

⑰ Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 30.04.04 Bulletin 04/18.

⑱ Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été  
établi à la date de publication de la demande.*

⑲ Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

⑴ Demandeur(s) : SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT  
— DE.

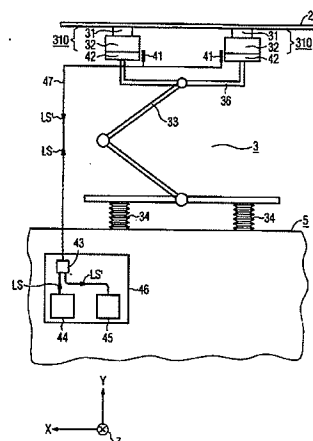
⑵ Inventeur(s) : BOSSELMANN THOMAS et THEUNE  
NILS MICHAEL.

⑶ Titulaire(s) :

⑷ Mandataire(s) : CABINET FLECHNER.

⑸ PROCÉDE ET DISPOSITIF DE MESURE DE LA FORCE DE CONTACT D'UN PANTOGRAPHE.

⑹ Dans le procédé de mesure de la force de contact entre un pantographe (3) et une ligne de courant (2), au moins un capteur à réseau de Bragg à fibre optique (41) monté sur le pantographe (2) est allongé mécaniquement sous l'action de la force de contact. Un signal lumineux (LS) introduit dans le capteur à réseau de Bragg à fibre optique (41) est modifié quant à sa teneur en longueur d'onde en raison de l'allongement mécanique. A partir de la variation de longueur d'onde due à la force de contact, une évaluation détermine une mesure pour la force de contact.



FR 2 846 415 - A1



## **PROCEDE ET DISPOSITIF DE MESURE DE LA FORCE DE CONTACT D'UN PANTOGRAPHE**

L'invention concerne un procédé et un dispositif pour mesurer la force  
5 de contact entre une prise de courant et une ligne de courant.

Un véhicule ferroviaire automoteur est alimenté en énergie électrique  
par l'intermédiaire d'une ligne de courant sous forme de ligne aérienne.  
L'amenée de l'énergie s'effectue au moyen d'une prise de courant (= pantographe). Un contact suffisant entre la ligne de courant et le pantographe  
10 est alors d'une importance décisive pour la capacité à fonctionner du véhicule ferroviaire automoteur. Mais la force de contact réellement présente détermine aussi l'usure et éventuellement l'endommagement de la ligne de courant et du pantographe. La force de contact est la force avec laquelle une bande de frottement du pantographe est poussée contre la ligne aérienne (= fil de contact). Une force de contact trop élevée implique une usure accrue du  
15 fil de contact et de la bande de frottement, une force de contact trop faible implique un contact électrique insuffisant. Ce dernier cas est aussi la cause de la formation d'arcs électriques et donc à nouveau d'une usure accrue. Une force de contact correctement réglée a donc aussi une grande importance  
20 économique.

L'article "Aktiv geregelter, akustisch optimierter Einholmstromabnehmer" de W. Baldauf et al., eb - Elektrische Bahnen 100 (2002) 5, pages 182 à 188, décrit une régulation active pour le réglage de la force de contact. Une détection correcte de la valeur actuelle de la force de  
25 contact est aussi nécessaire à une régulation de ce type.

La force de contact est déterminée jusqu'à présent au moyen de boîtes dynamométriques. Celles-ci se trouvent sur des points de fixation entre la bande de frottement et l'archet de pantographe. Il y a d'habitude à chaque extrémité de la bande de roulement un capteur de force de sorte qu'on utilise  
30 globalement quatre capteurs de force pour un archet ayant typiquement deux bandes de frottement. La somme des quatre forces mesurées donne la force de contact.

Actuellement, on utilise comme capteurs de force presque exclusivement des jauges extensométriques électriques. La force à mesurer

est introduite dans un corps de déformation qui allonge la jauge extensométrique. Mais un inconvénient de cette méthode est que ce type de capteur de force nécessite une alimentation en énergie électrique. L'ensemble du pantographe, y compris la bande de frottement, est sous haute tension, typiquement entre 1,5 kV et 25 kV, en particulier 15 kV pour la Deutsche Bahn. Le système avec jauge extensométrique est mis à un potentiel de haute tension et est alimenté par exemple par une batterie. Lors de l'utilisation de deux batteries de moto, on peut atteindre une durée de fonctionnement du système de 24 heures environ. Il existe aussi des essais pour obtenir l'alimentation en énergie directement de la ligne aérienne. Mais ces solutions sont très coûteuses et fragiles.

DE 197 25 906 C1 révèle un dispositif à fibre optique pour déterminer la force de contact. Ce dispositif fonctionne avec un capteur dit à sonde de fibre. La force à mesurer est introduite sur un élément à ressort qui se déforme. Le fléchissement est mesuré comme une variation de course. Pour avoir une précision suffisante, il faut des variations de course assez grandes c'est-à-dire des éléments à ressort relativement grands et volumineux pour une pression typique de 70 N à 100 N entre la bande de frottement et la ligne aérienne. Le volume de construction nécessaire est toutefois en contradiction avec les conditions aérodynamiques recherchées pour un pantographe, en particulier dans le cas des trains à grande vitesse. La norme pertinente exige en effet que la résistance à l'air n'augmente pas de plus de 5 % à cause de l'installation du dispositif sensoriel.

L'invention vise donc un procédé et un dispositif qui permettent une meilleure détection de la force de contact en comparaison de l'état de la technique.

Pour résoudre ce problème en ce qui concerne le procédé, on a le procédé selon l'invention.

Le procédé selon l'invention est un procédé de mesure de la force de contact entre un pantographe et une ligne de courant dans lequel

- a) au moins un capteur à réseau de Bragg à fibre optique est monté sur le pantographe,
- b) le capteur à réseau de Bragg à fibre optique est allongé mécaniquement sous l'action de la force de contact,
- c) un signal lumineux introduit dans le capteur à réseau de Bragg à fibre optique est modifié dans au moins une longueur d'onde en raison de

l'allongement mécanique, et

- d) on évalue la variation de longueur d'onde due à la force de contact.

Pour résoudre le problème en ce qui concerne le dispositif, on a le dispositif selon l'invention.

5 Le dispositif selon l'invention est un dispositif de mesure de la force de contact entre un pantographe et une ligne de courant qui comprend au moins

- a) un capteur de force qui est conçu comme un capteur à réseau de Bragg à fibre optique et qui est monté sur le pantographe de telle sorte que le capteur à réseau de Bragg à fibre optique s'allonge  
10 mécaniquement sous l'action de la force de contact,
- b) des moyens d'introduction pour introduire un signal lumineux ayant une teneur prédéterminée en longueur d'onde dans le capteur à réseau de Bragg à fibre optique, l'allongement mécanique provoquant une variation d'au moins une longueur d'onde, et
- 15 c) des moyens d'évaluation pour évaluer la variation de longueur d'onde due à la force de contact.

L'invention repose sur le fait qu'un capteur à fibre optique sous la forme d'un capteur à réseau de Bragg à fibre optique permet une bien meilleure détection de la force de contact. En tant que capteur optique, un capteur à  
20 réseau de Bragg à fibre optique n'a pas besoin d'alimentation en énergie électrique sur un potentiel à haute tension. Au contraire, l'alimentation en énergie et la lecture de signal s'effectuent à l'intérieur du véhicule ferroviaire automoteur et donc au potentiel terrestre. Comme un capteur à réseau de Bragg à fibre optique peut être compris quant à son principe de  
25 fonctionnement comme une jauge extensométrique optique, il est possible d'avoir des constructions fondamentalement identiques à celles connues pour l'utilisation d'une jauge extensométrique électrique classique mais avec l'avantage d'une séparation de potentiel intrinsèque en raison du principe de fonctionnement basé sur l'optique. Le pantographe sur lequel le capteur à  
30 réseau de Bragg à fibre optique est monté peut donc se trouver sans problème sous (haute) tension pendant l'opération de mesure. Par ailleurs, un capteur à réseau de Bragg à fibre optique a une sensibilité aussi élevée qu'une jauge extensométrique électrique et il n'a donc pas besoin d'un élément à ressort très volumineux contrairement au capteur à sonde de fibre.

35 Le procédé et le dispositif selon l'invention permettent de construire un système de contrôle en ligne économique qui peut être monté sur n'importe

quel véhicule ferroviaire automoteur. Avec ce système, il n'y a pas de restriction au niveau de la disponibilité à cause de la charge d'une batterie. Les directives européennes pour l'interopérabilité de systèmes ferroviaires peuvent donc être facilement satisfaites.

- 5 Des variantes avantageuses du procédé consistent en ce que :
- on détecte en plus la température, notamment aux environs du point de mesure de la force de contact ;
  - on détecte la température par des moyens optiques, notamment au moyen d'un autre capteur à réseau de Bragg à fibre optique ;
  - 10 - on évalue la variation de longueur d'onde due à la force de contact en tenant compte de la température détectée ;
  - on détecte au moyen du capteur à réseau de Bragg à fibre optique un allongement mécanique d'un élément de construction proprement dit du pantographe ;
  - 15 - on détecte au moyen du capteur à réseau de Bragg à fibre optique un allongement mécanique d'un élément d'allongement supplémentaire monté sur le pantographe ;
  - on monte plusieurs capteurs à réseau de Bragg à fibre optique pour la mesure de la force de contact ;
  - 20 - on détecte la force de contact dans au moins deux directions d'action différentes l'une de l'autre.
- Le dispositif suivant l'invention est perfectionné en ce que :
- il est prévu un capteur de température supplémentaire, notamment aux environs du point de mesure de la force de contact ;
  - 25 - le capteur de température est conçu comme un capteur optique, notamment comme un autre capteur à réseau de Bragg à fibre optique ;
  - le capteur à réseau de Bragg à fibre optique conçu comme capteur de force est monté directement sur un élément de construction proprement dit du pantographe.
- 30 On détaille maintenant à l'aide des figures annexées des exemples de réalisation préférés, mais d'aucune manière restrictifs, de l'invention. Pour plus de clarté, les figures ne sont pas à l'échelle et certaines caractéristiques sont représentées schématiquement. Les figures annexées montrent donc :
- Figure 1: un dispositif de mesure de la force de contact d'un
- 35 pantographe ;
- Figure 2 : un pantographe avec un élément d'allongement supplémentaire

pour un capteur à réseau de Bragg à fibre optique ;

Figure 3 : une bande de frottement d'un pantographe avec montage direct des capteurs à réseau de Bragg à fibre optique ; et

Figure 4 : un pantographe avec élément à ressort pour un capteur à réseau de Bragg à fibre optique.

5

Aux figures 1 à 4, des parties correspondantes sont munies de références identiques.

La figure 1 montre un dispositif de mesure de la force de contact entre un pantographe 3 d'un véhicule ferroviaire automoteur 5 et une ligne de  
10 courant 2. Lors du fonctionnement, le véhicule ferroviaire automoteur 5 se déplace dans la direction x. L'énergie nécessaire à cet effet est envoyée au véhicule ferroviaire par l'intermédiaire de la ligne de courant 2.

La structure du pantographe connu en soi 3 comprend globalement une bande de frottement 310, un dispositif de retenue 36 pour la bande de  
15 frottement 310, un archet 33 ainsi que des isolateurs électriques 34 qui réalisent l'isolation électrique entre les éléments précités du pantographe 3 et le véhicule ferroviaire automoteur 5. La bande de frottement 310 contient un corps de base 32 et un élément de frottement 31.

Pour détecter la force de contact entre le pantographe 3 et la ligne de  
20 courant 2, il est prévu des capteurs à réseau de Bragg à fibre optique 41 qui peuvent être interrogés par des moyens optiques. Ils sont montés sur un élément d'allongement 42 supplémentaire placé entre la bande de frottement 310 et le dispositif de retenue 36 de telle sorte qu'eux aussi subissent l'allongement, proportionnel à la force de contact, de l'élément d'allongement  
25 42. L'allongement mécanique provoque un décalage de la longueur d'onde de Bragg du capteur à réseau de Bragg à fibre optique 41 associé. Ceci signifie qu'un signal lumineux LS qui a une teneur prédéterminée en longueur d'onde et qui est envoyé au capteur à réseau de Bragg à fibre optique 41 par l'intermédiaire d'une fibre optique 47 est modifié quant à sa teneur en  
30 longueur d'onde ou au moins quant à une longueur d'onde en présence d'une variation correspondante de la force de contact. Le signal lumineux modifié quant à sa teneur en longueur d'onde dans le capteur à réseau de Bragg à fibre optique 41 est désigné par LS'. La variation de longueur d'onde est une mesure pour l'information à mesurer c'est-à-dire pour la force de contact. Le  
35 signal lumineux LS' influencé dans le capteur à réseau de Bragg à fibre optique 41 revient dans la fibre optique 47 à une unité d'émission / réception

46 et il est détecté là au moyen d'une unité d'évaluation 45. Dans l'unité d'évaluation 45, on utilise un détecteur classique pour la technique du capteur de Bragg à fibre, de préférence un polychromateur avec ligne de CCD ou de photodiodes. A partir du signal détecté, on détermine dans l'unité d'évaluation  
5 45 une valeur mesurée pour la force de contact cherchée.

L'unité d'émission / réception 46 contient aussi une source lumineuse 44 qui produit le signal lumineux 42 qui est nécessaire à l'interrogation et qui a la teneur prédéterminée en longueur d'onde. Un coupleur 43 sépare l'un de l'autre le signal lumineux LS entrant et le signal lumineux LS' sortant. Tous les  
10 composants de l'unité d'émission / réception 46 se trouvent au potentiel du véhicule ferroviaire automoteur 5, c'est-à-dire au potentiel terrestre. Par contre, les capteurs à réseau de Bragg à fibre optique 41 sont au potentiel de haute tension, à savoir globalement au potentiel de la ligne de courant 2. Le pontage de potentiel nécessaire est toutefois réalisé sans problème au  
15 moyen de la voie de transmission optique via la fibre optique 47.

L'exemple de la figure 1 montre une structure réfléchive. Une autre structure optique, par exemple transmissive, est aussi fondamentalement possible.

Un capteur à réseau de Bragg à fibre optique 41 est très compact. Il a  
20 typiquement un diamètre de 200  $\mu\text{m}$  environ et une longueur de 10 mm environ. Il peut donc être monté presque en n'importe quel endroit.

Dans l'exemple de réalisation de la figure 1, un élément d'allongement 42 (ou aussi élément de déformation) supplémentaire est placé entre la bande de frottement 310 et l'archet 33. Cet élément d'allongement 42 est si  
25 élastique qu'une force de contact de 100 N environ peut produire un allongement de préférence de quelques 100  $\mu\text{strain}$ . Cet allongement peut donc être facilement mesuré par un capteur à réseau de Bragg à fibre optique 41 par exemple simplement collé et sous forme de jauge extensométrique.

Un capteur à réseau de Bragg à fibre optique 41 de ce type a une  
30 direction préférée c'est-à-dire qu'il est surtout sensible à un allongement dans une certaine direction d'action. Selon l'orientation, on peut donc détecter à chaque fois une autre composante de direction de la force de contact. En installant un capteur à réseau de Bragg à fibre optique 41 avec direction d'action dans la direction y (c'est-à-dire ici transversalement (horizontalement)  
35 à la direction du déplacement), un avec direction d'action dans la direction z (c'est-à-dire ici transversalement (verticalement) à la direction du



déplacement) et un avec direction d'action dans la direction  $x$  (c'est-à-dire dans la direction du déplacement), on peut déterminer différentes forces. Outre la force de contact on peut aussi détecter par exemple des forces de cisaillement et de frottement. En outre, on peut détecter une direction de force quelconque.

La figure 2 montre l'emplacement de montage d'un corps de déformation 42 qui est équipé d'un capteur à réseau de Bragg à fibre optique 41 qui n'est pas plus détaillé mais qui correspond à une "jauge extensométrique optique".

Dans l'exemple de réalisation de la figure 3, il n'est pas prévu d'élément d'allongement 42. Au contraire, les capteurs à réseau de Bragg à fibre optique 41 sont placés directement sur la bande de frottement 310 dont la déformation / allongement est détectée comme mesure pour la force de contact. Dans l'exemple, les capteurs à réseau de Bragg à fibre optique 41 sont montés sur le corps de base 32, ici conçu comme un profilé d'aluminium, de la bande de frottement 310. Sur ce profilé d'aluminium se trouve l'élément de frottement 31 proprement dit qui est ici une bande de carbone. La figure 3 montre la vue en coupe transversale d'une bande de frottement 310 de ce type. Les traverses dessinées du profilé d'aluminium conviennent à la mesure des allongements / forces dans la direction  $y$  et, de manière couplée, dans les directions  $y$  et  $x$ . On prévoit à cet effet les quatre capteurs à réseau de Bragg à fibre optique 41 indiqués schématiquement. Des valeurs typiques pour les dimensions dans la direction  $y$  sont 22 mm environ pour la bande de carbone 31 et 17 mm environ pour le profilé d'aluminium 32.

La figure 4 montre un exemple de réalisation d'un pantographe 3 qui comporte une fixation à ressorts de la bande de frottement 310. Il est prévu notamment un élément à ressort 35 sous la forme d'un ressort à lames. Le capteur à réseau de Bragg à fibre optique 41 non détaillé à la figure 4 peut être collé directement sur ce ressort à lames 35. Il n'est donc pas nécessaire d'avoir en plus un élément d'allongement 42. Malgré tout, on peut accéder pour la mesure de la force de contact à un allongement / déviation relativement grand de l'élément à ressort 35. Cette structure convient particulièrement bien à la détection d'une force de contact dans la direction verticale.

En option, outre les capteurs à réseau de Bragg à fibre optique 41 destinés à mesurer la force, on peut aussi monter à proximité immédiate un

autre capteur, par exemple un capteur de température. De préférence, cet autre capteur est également conçu sous forme optique. En particulier, l'un des quatre capteurs 41 représentés à la figure 3 peut aussi être conçu comme capteur de température. A l'aide de la température ainsi également détectée

5 par exemple à l'endroit de la mesure de force, une compensation peut être effectuée lors de l'évaluation pour corriger l'effet de la température de manière à déterminer plus précisément la force de contact cherchée. De préférence, les capteurs de température utilisés sont aussi conçus comme des capteurs à réseau de Bragg à fibre optique.

## REVENDEICATIONS

1. Procédé de mesure de la force de contact entre un pantographe (3) et une ligne de courant (2), dans lequel
  - 5 a) au moins un capteur à réseau de Bragg à fibre optique (41) est monté sur le pantographe (3),
  - b) le capteur à réseau de Bragg à fibre optique (41) est allongé mécaniquement sous l'action de la force de contact,
  - c) un signal lumineux (LS) introduit dans le capteur à réseau de Bragg à fibre optique (41) est modifié dans au moins une longueur d'onde en raison de l'allongement mécanique, et
  - 10 d) on évalue la variation de longueur d'onde due à la force de contact.
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel on détecte en plus
  - 15 la température, notamment aux environs du point de mesure de la force de contact.
3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel on détecte la température par des moyens optiques, notamment au moyen d'un autre
  - 20 capteur à réseau de Bragg à fibre optique.
4. Procédé selon la revendication 2 ou 3, dans lequel on évalue la variation de longueur d'onde due à la force de contact en tenant compte de la température détectée.
  - 25
5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel on détecte au moyen du capteur à réseau de Bragg à fibre optique (41) un allongement mécanique d'un élément de construction proprement dit (32) du pantographe (3).
  - 30
6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel on détecte au moyen du capteur à réseau de Bragg à fibre optique (41) un allongement mécanique d'un élément d'allongement (42) supplémentaire monté sur le pantographe (3).
  - 35
7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans

lequel on monte plusieurs capteurs à réseau de Bragg à fibre optique (41) pour la mesure de la force de contact.

8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel on détecte la force de contact dans au moins deux directions d'action différentes l'une de l'autre.

9. Dispositif de mesure de la force de contact entre un pantographe (3) et une ligne de courant (2) qui comprend au moins

10 a) un capteur de force qui est conçu comme un capteur à réseau de Bragg à fibre optique (41) et qui est monté sur le pantographe (3) de telle sorte que le capteur à réseau de Bragg à fibre optique (41) s'allonge mécaniquement sous l'action de la force de contact,

15 b) des moyens d'introduction (44, 43, 47) pour introduire un signal lumineux (LS) ayant une teneur prédéterminée en longueur d'onde dans le capteur à réseau de Bragg à fibre optique (41), l'allongement mécanique provoquant une variation d'au moins une longueur d'onde, et

20 c) des moyens d'évaluation (45) pour évaluer la variation de longueur d'onde due à la force de contact.

10. Dispositif selon la revendication 9, dans lequel il est prévu un capteur de température supplémentaire, notamment aux environs du point de mesure de la force de contact.

11. Dispositif selon la revendication 10, dans lequel le capteur de température est conçu comme un capteur optique, notamment comme un autre capteur à réseau de Bragg à fibre optique.

12. Dispositif selon l'une des revendications 9 à 11, dans lequel le capteur à réseau de Bragg à fibre optique (41) conçu comme capteur de force est monté directement sur un élément de construction proprement dit (32) du pantographe (3).

13. Dispositif selon l'une des revendications 9 à 12, dans lequel il est prévu un élément d'allongement (42) supplémentaire.

14. Dispositif selon la revendication 13, dans lequel le capteur à réseau de Bragg à fibre optique (41) conçu comme capteur de force est monté sur l'élément d'allongement (42) supplémentaire.

5

15. Dispositif selon l'une des revendications 9 à 14, dans lequel il est prévu plusieurs capteurs de force, notamment chacun sous la forme d'un capteur à réseau de Bragg à fibre optique (41).

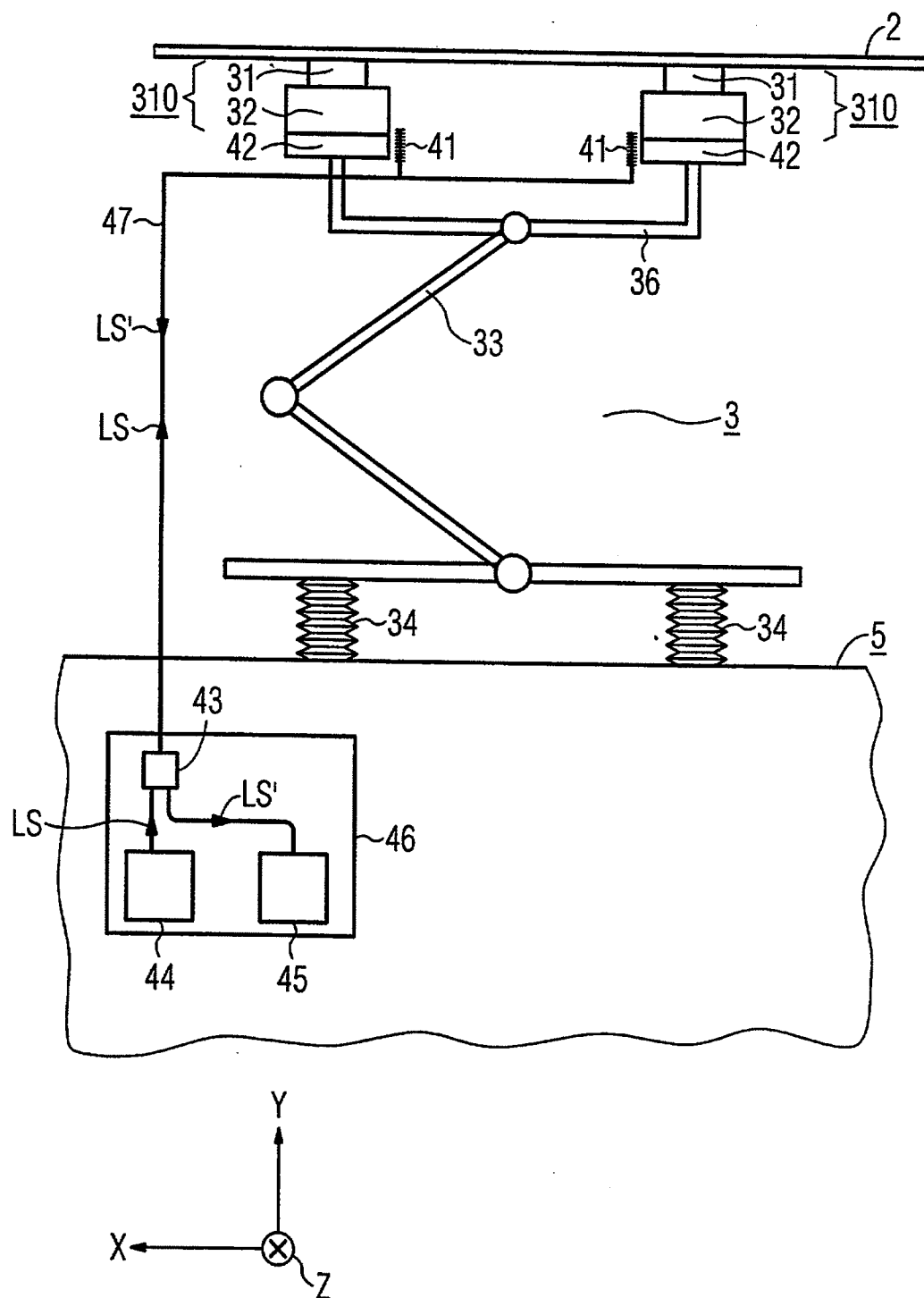
10

16. Dispositif selon l'une des revendications 9 à 15, dans lequel il est prévu au moins deux capteurs à réseau de Bragg à fibre optique (41) qui sont conçus comme capteurs de force et qui ont des directions d'action différentes l'une de l'autre.

15

17. Dispositif selon l'une des revendications 9 à 16, dans lequel les moyens d'introduction comprennent au moins une source lumineuse (44) destinée à produire le signal lumineux (LS) et une fibre optique (47) destinée à la transmission optique du signal lumineux (LS) de la source lumineuse (44) au capteur à réseau de Bragg à fibre optique (41).

FIG 1



2/3

FIG 2

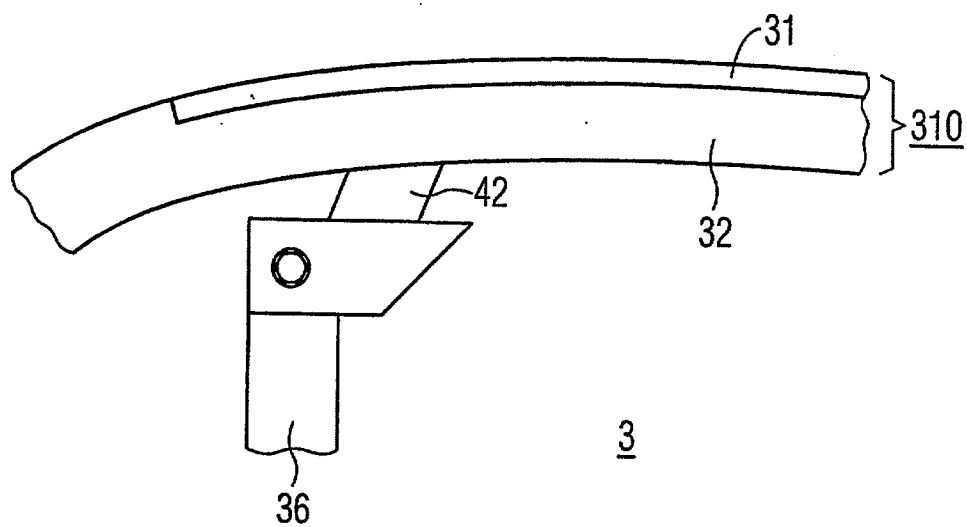


FIG 3

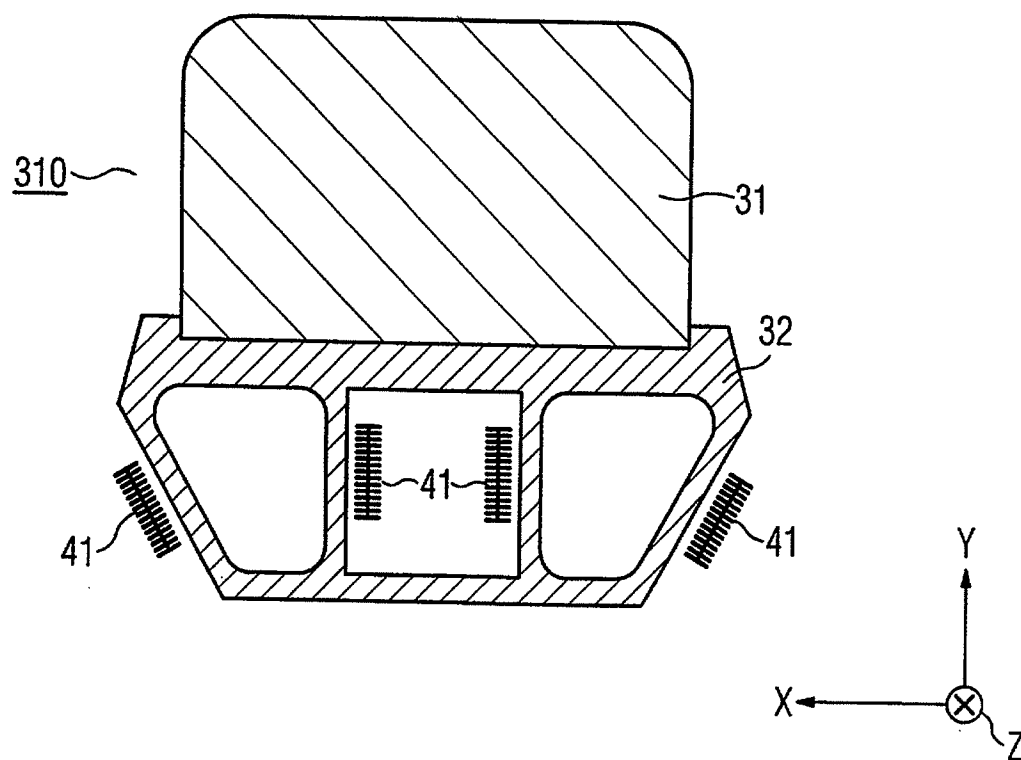


FIG 4

